

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО УРАНА ОТ ОКСИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Петров А.И.^{*}, Максимцев К.В., Мухамадеев А.С., Чукин А.В., Половов И.Б.

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*E-mail: antonpi1993@gmail.com

INVESTIGATION OF THE PYROMETALLURGICAL PROCESS OF METALLIC URANIUM SEPARATION FROM RARE EARTHS OXIDES

Petrov A.I.^{*}, Maksimtsev K.V., Muhamadeev A.S., Chukin A.V., Polovov I.B.

Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

The processes of interaction between metallic uranium and rare earth oxides, i.e. neodymium oxides were investigated using both thermodynamic modeling and during experimental exposures at 1300 – 1500 °C. It was shown that metallic uranium partly reduces neodymium oxide resulting in formation uranium dioxide film that prevents ingot formation. Increase the temperature leads to higher degree of reduction and further complicates the rare earth oxide separation from uranium metal. Method of direct smelting can not be used for fissile materials extraction from mixture of metallic and oxide components obtained during nuclear fuel reprocessing.

В процессе переработки облученного ядерного топлива (ОЯТ) в ряде технологических схем предусмотрено отделение целевых компонентов от редкоземельных продуктов деления за счет селективного окисления последних или избирательного восстановления оксидов делящихся материалов. Очевидным способом разделения металлической и оксидной фазы является процесс плавки. Принимая во внимание то, что температуры плавления редкоземельных оксидов превышают 2000 °C, а температура плавления наиболее тугоплавкого делящегося материала, а именно урана составляет 1132 °C, сделано предположение, что в ходе выдержки металл-оксидной шихты при температурах выше 1200 °C металлический уран будет плавиться и скапливаться на дне контейнера, в то время как оксиды РЗМ будут всплывать и концентрироваться над слитком металла. В настоящей работе на примере металлического урана и оксида неодима проведена экспериментальная проверка данного способа разделения компонентов ОЯТ.

В ходе предварительного термодинамического моделирования показано, что при температурах выше 1000 °C может протекать реакция восстановления неодима металлическим ураном, причем рост температуры и превышение стехиометрического количества урана обуславливают увеличение степени восстановления. Однако, в равновесных условиях доли восстановленного неодима и образующегося диоксида урана относительно невелики, что не должно оказывать существенного влияния на сепарацию оксидных редкоземельных компонентов от основной массы урана.

В ходе пирометаллургических экспериментов, проведенных в инертной атмосфере аргона высокой чистоты, показано, что в ходе выдержки урана с оксидом неодима при 1300 – 1500 °С не происходит испарения каких-либо компонентов шихты. Вместе с тем, несмотря на превышение температуры плавления урана сформировать слиток металла не удалось. На поверхности контакта между металлическим ураном и оксидом неодима произошло формирование пленки диоксида урана, препятствующей коалесценции металлического расплава. Указанная оксидная фаза образуется в результате восстановления оксида неодима металлическим ураном, что подтверждается наличием металлического неодима в поверхностном слое урановых гранул. Интересно, что увеличение температуры 1500 °С приводит к увеличению степени восстановления неодима и еще больше усложняет отделение металлической фазы. Таким образом, нами сделан вывод, что метод прямого плавления не может быть использован для извлечения делящихся материалов из полученной в ходе переработки ОЯТ шихты, содержащей делящиеся материалы в металлической форме и оксиды редкоземельных продуктов деления.